

## PENGARUH KECEPATAN PUTAR MESIN GRINDING DAN POLISH TERHADAP KUALITAS BENDA UJI

**Bimo Pradipto**

D3 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email : [bimopradipto@mhs.unesa.ac.id](mailto:bimopradipto@mhs.unesa.ac.id)

**Akhmad Hafizh Ainur Rasyid**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya

Email : [akhmadrasyid@unesa.ac.id](mailto:akhmadrasyid@unesa.ac.id)

### Abstrak

Metalografi merupakan pengujian untuk melihat struktur permukaan, salah satunya adalah pengujian menggunakan mesin *grinding* dan *polish*. Pengujian ini untuk menghilangkan ketidakrataan dan untuk mengkilapkan permukaan pada benda uji sebelum dilakukan pengujian menggunakan pengujian kekasaran dan pengujian Kekilapan menggunakan sinar laser dan *light meter*. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen. Obyek penelitian adalah besi baja karbon rendah ST41 Ø 30mm panjang 40mm dan Aluminium A5052 Ø 22mm panjang 40mm berbentuk silindris dengan kekasaran kertas amplas 800 menggunakan motor AC dengan variasi kecepatan 100rpm, 200rpm, 300rpm, 400rpm, dan waktu yang sudah ditentukan yaitu 125 *second*. Setelah diratakan permukaan benda uji dilakukan proses *polishing* dengan menggunakan kain bludru dan diberi pasta autosol dengan kecepatan yang sama. Dari pengujian *grinding* dan *polishing* ini didapat pada permukaan benda uji material baja karbon rendah St 41. Hasil terendah pengujian *grinding* terdapat pada spesimen pertama 1,135  $\mu\text{m}$  dan hasil tertinggi terdapat pada spesimen keempat dengan 0,878  $\mu\text{m}$ . Kemudian pengujian *grinding* dan *polish* pada material aluminium A5052 pada pengujian *grinding* hasil terendah terdapat pada spesimen pertama dengan 0,534  $\mu\text{m}$  dan hasil tertinggi pada spesimen keempat dengan 0,302  $\mu\text{m}$ . Dengan kekasaran kertas amplas 800 maka didapat permukaan benda uji semakin tinggi putaran mesin maka permukaan benda uji akan semakin rata dan mengkilap.

**Kata Kunci:** kekasaran permukaan, kekilapan permukaan.

### Abstract

Metallography is a test to see the surface structure, one of which is testing using a grinding and polish machine. This test is to eliminate the inequality and to polish the surface of the test object before testing using roughness testing and testing for glaze using a laser and light meter. The type of research used is experimental research. The object of the research is low carbon steel ST41 Ø 30mm length 40mm and Aluminum A5052 Ø 22mm long 40mm cylindrical shape with roughness of sandpaper 800 using an AC motor with variations in speed of 100rpm, 200rpm, 300rpm, 400rpm, and the time specified is 125 second After flattening the surface of the test object, the polishing process is carried out using a velvet cloth and given an autosol paste at the same speed. This grinding and polishing test was obtained on the surface of the test specimen of low carbon steel St 41. The lowest results of grinding testing were found in the first specimen 1,135  $\mu\text{m}$  and the highest results were found in the fourth specimen with 0,878  $\mu\text{m}$ . Then the grinding and polish test on aluminum material A5052 in the lowest grinding yield test was found in the first specimen with 0.534  $\mu\text{m}$  and the highest yield in the fourth specimen with 0.302  $\mu\text{m}$ . With the roughness of 800 sandpaper, the surface of the specimen is obtained, the higher the rotation of the machine, the surface of the specimen will be more flat and shiny.

**Keywords:** Surface Roughness, Surface Incapacity.

### PENDAHULUAN

Dalam proses metalografi untuk melihat struktur permukaan benda uji ada beberapa proses yang harus dilakukan. Salah satunya adalah proses *grinding* dan *polishing*. *Grinding* merupakan bagian dari proses *finishing* yang digunakan untuk menghilangkan bagian dari benda kerja yang tidak rata (dongkan, dkk, 2015).

Proses ini banyak digunakan dalam industri karena dapat menghasilkan kualitas permukaan yang lebih baik dan dekat dengan toleransi, serta tepat untuk komponen desain (Rahman dan K. Kadirgama, 2015). Pada saat proses *surface grinding* (gerinda permukaan). Roda gerinda bergesekan dengan benda uji sehingga terjadi

peningkatan suhu disepanjang permukaan benda uji. Besarnya panas yang ditimbulkan tergantung dari kecepatan potong (*cutting speed*), kecepatan pemakanan (*feed*) dan putaran mesin (*Revolution per menit-Rpm*). (Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2013:73).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Suparno dan Arif (2012). Semakin besar *feeding* maka tingkat kekasaran permukaan benda kerja akan semakin besar atau kasar. Peningkatan *feeding* pada proses *surface grinding* akan mengakibatkan semakin besar gesekan yang diterima oleh benda uji. Maka distribusi panas yang terjadi pada permukaan benda kerja akan meningkat. Untuk mempersingkat waktu dan tenaga saat pengujian digunakan mesin *grinding* dan *polish* semi otomatis. Untuk mendapatkan *grinding* dan polesan halus bebas goresan dan mengkilap seperti cermin dan menghilangkan ketidakteraturan permukaan benda uji dengan waktu yang cepat. Pada umumnya mesin *grinding* dan *polish* tersebut menggunakan *disc* yang berputar sebagai *pemoles*. Pada *disc* tersebut dilapisi suatu lembar kertas amplas dan kain bludru yang diberi pasta *autosol* agar dapat mempercepat proses *polishing* pada benda uji.

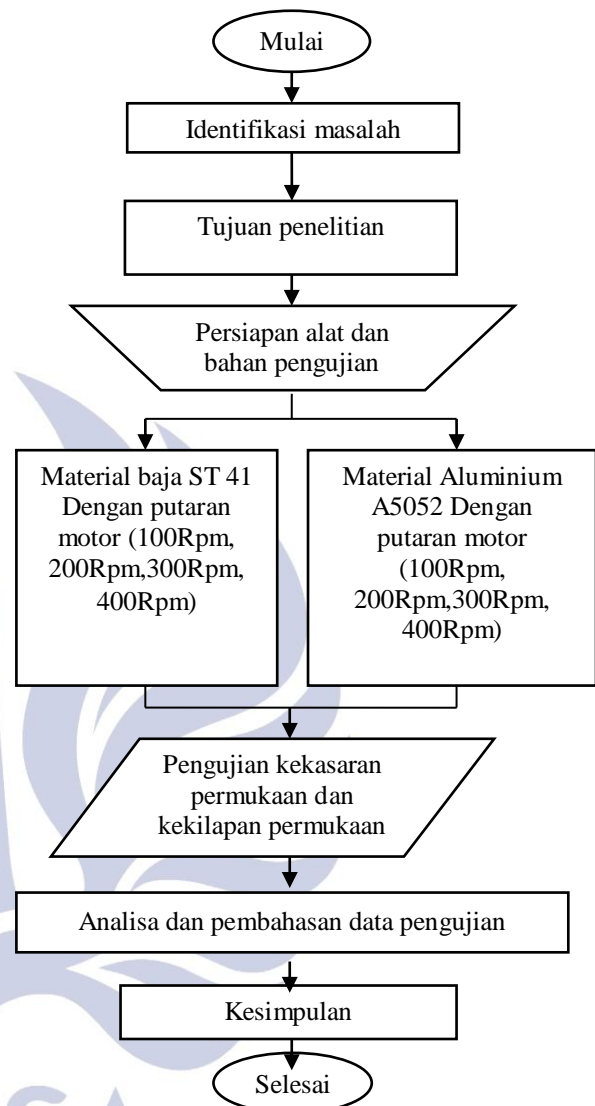
Pada saat ini mesin *grinding* dan mesin *polish* sangat diperlukan dijurusan teknik mesin sebagai sarana pembelajaran. Karena mesin yang tersedia dijurusan masih butuh penyempurnaan agar mesin dapat digunakan secara maksimal pada saat pengujian. Sistem kerja mesin *grinding* dan *polish* yang tersedia masih menggunakan satu motor untuk memutar dua buah *disk* yang diikat dengan as yang di transmisikan dengan *pulley* dan v-belt. Agar dapat dibuat mengatur kecepatan putar *disk* pada mesin dibutuhkan dua buah motor dengan dimmer karena jika dapat diatur kecepatan putaran motor nya proses pengerjaan *grinding* dan *polish* bisa lebih efisien jika digunakan untuk melakukan pengujian bahan.

Saat ini mesin *gerinding* dan *polish* digunakan untuk proses pembelajaran pengujian material dijurusan Teknik Mesin, pada pengujian ini permasalahannya mengenai pengaruh kecepatan putar pada mesin *grinding* dan *polish* dan Pengoptimalan putaran mesin *grinding* dan *polish* menggunakan dimmer. Penelitian ini diharapkan dapat membantu dan mengatasi permasalahan yang terjadi pada proses mata kuliah pengujian bahan. Sehingga dapat mempermudah mahasiswa melakukan pengujian dan meningkatkan efisiensi kerja alat mesin *grinding* *polish*.

## METODE

Dalam penelitian ini menggunakan jenis penelitian berbentuk eksperimen (*experimental reseach*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan kekasaran

permukaan material benda uji jika diberikan beberapa variasi kecepatan putaran motor. Berikut skema *flow chart* untuk penelitian dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 1. Flow Chart Prosedur Penelitian

## • Prosedur Pengujian Pengaruh Penambahan Cairan Pendingin Terhadap Kualitas Permukaan Spesimen Uji

Pengujian dengan variasi kecepatan putaran motor pada mesin *grinding* dan *polish* divariasikan dengan bantuan alat elektronik yang dapat membagi arus pada motor yaitu dimmer. Sehingga motor dapat memiliki variasi kecepatan putaran. Selain itu dipenelitian ini juga menggunakan ukuran kertas amplas 800 dan kain bludru dengan *autosol* untuk mendapatkan kehalusan dan kekilapan pada benda uji.

Dipengujian ini menggunakan ukuran kertas amplas ukuran 800. Bahan yang digunakan untuk pengujian ini ada dua jenis yaitu baja karbon rendah St41 dan aluminium A5052. Baja Karbon Rendah St41 memiliki sifat keuletan yang sedikit lebih keras dari aluminium A5052 tapi tidak tahan aus maka dari itu perlu digunakan kecepatan putaran motor untuk mengetahui perbedaan kualitas permukaan material karna untuk mendapatkan permukaan yang rata dan mengkilap membutuhkan putaran tinggi.

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Proses *Grinding* dan *Roughness* Material Baja Karbon Rendah St 41

| No | Waktu (seconds) | Putaran motor (RPM) | Ukuran kertas amplas | Berat sebelum diuji(kg) | Berat setelah diuji (kg) | Hasil Pengujian Rata-Rata <i>Roughness</i> ( $\mu\text{m}$ ) |
|----|-----------------|---------------------|----------------------|-------------------------|--------------------------|--|
| 1. | 125             | 100                 | 800                  | 0,240                   | 0,225                    | 1,135  |
| 2. | 125             | 200                 | 800                  | 0,220                   | 0,210                    | 0,908  |
| 3. | 125             | 300                 | 800                  | 0,230                   | 0,220                    | 0,903  |
| 5. | 125             | 400                 | 800                  | 0,220                   | 0,208                    | 0,878  |

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pelaksanaan Pengujian

Pada proses pengujian *grinding* dan *polish* ini menggunakan dua jenis variasi logam. Baja karbon rendah st 41 dan aluminium A5052 dengan diameter 22 mm dengan panjang 40 mm. Pengujian ini dilakukan untuk melihat pengaruh variasi kecepatan putar mesin jika diberi variasi putaran.

- **Pengujian *Grinding***

Setiap spesimen pada pengujian *grinding* dilakukan pengukuran permukaannya menggunakan *roughness* tester untuk mengetahui hasil kekasaran permukaan pada benda uji yang sudah diberikan variasi kecepatan putar.

- **Pengujian *Polishing***

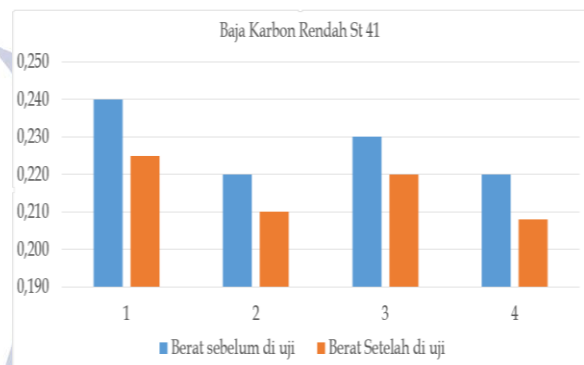
Setiap Spesimen hasil pengujian diukur menggunakan pantulan sinar laser untuk mengetahui kekilapan permukaan hasil polishing yang kemudian pantulan sinar laser akan dibaca menggunakan *light* meter yang dimana jika sinar yang terpantul nilainya semakin tinggi, menandakan permukaan tersebut memiliki kekilapan yang baik.

### Data Hasil Pengujian *Grinding* dan *Polish*

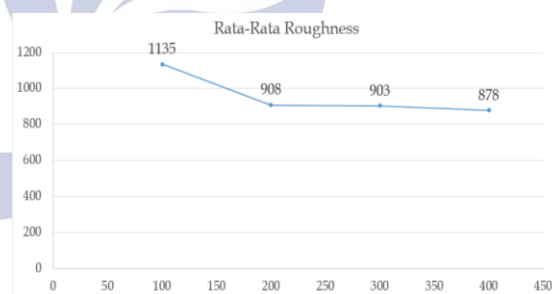
- **Pengujian Kekasaran Permukaan Dengan *Roughness* tester**

Pengambilan Data Pengujian *Grinding* Baja Karbon Rendah St 41.

Proses *grinding* dilakukan secara bertahap sesuai spesimen yang sudah ditentukan didalam tabel. Sebelum dan setelah dilakukan proses *grinding* benda uji ditimbang terlebih dahulu menggunakan neraca digital untuk mengetahui berat sebelum dan setelah dilakukan pengujian kemudian dilakukan pengujian permukaan dengan menggunakan *roughness* tester.



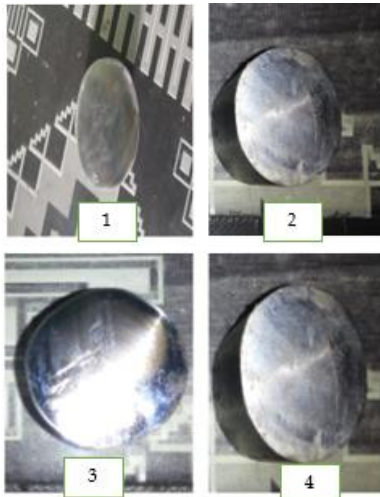
**Gambar 2.** Grafik Proses Berat Sebelum dan Sesudah Pengujian Material Baja Karbon St 41



**Gambar 3.** Grafik Pengujian *Roughness* Material Baja Karbon Rendah St 41

Berdasarkan tabel 1, Gambar 1 dan 2 referensi *datasheet* diatas, setelah dilakukan pengukuran menggunakan neraca digital pengurangan berat paling banyak terjadi pada spesimen pengujian pertama dimana berat benda uji berkurang sebanyak 0,15 kg sedangkan pada *roughness* tester permukaan benda uji yang mendekati rata terdapat di step keempat dengan 878  $\mu\text{m}$  dan pada step pertama dengan 1135  $\mu\text{m}$  yang belum mendekati rata, Berikut adalah gambar permukaan material baja karbon rendah st 41 setelah dilakukan pengujian *grinding* :



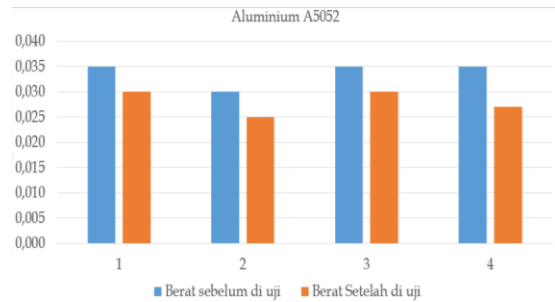


**Gambar 4.** Permukaan Benda Uji Baja ST 41 Spesimen Pertama, Kedua, Ketiga, Keempat

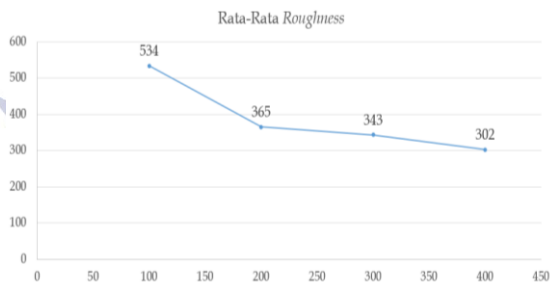
- Pengambilan Data Pengujian *Grinding* Aluminium A5052  
Proses grinding dilakukan secara bertahap sesuai spesimen yang sudah ditentukan didalam tabel. Sebelum dan setelah dilakukan proses grinding benda uji ditimbang terlebih dahulu menggunakan neraca digital kemudian dilakukan pengujian permukaan dengan menggunakan roughness tester. berat setelah dilakukan pengujian *grinding*. Fungsi dari penimbangan ini untuk mengetahui apakah terjadi pengikisan atau tidak terhadap benda uji saat dilakukan proses pengujian *grinding*. Setelah dilakukan proses penimbangan kedua pada benda uji. Selanjutnya pada permukaan benda uji dilakukan pengecekan permukaan menggunakan *roughness* tester.

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Proses *Grinding* dan *Roughness* Material Aluminium A5052

| No. | Waktu (seconds) | Putaran motor (RPM) | Ukuran kertas amplas | Berat sebelum diuji(Kg) | Berat Setelah diuji(Kg) | Hasil pengujian Rata-Rata <i>Roughness</i> ( $\mu\text{m}$ ) |
|-----|-----------------|---------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|--|
| 1.  | 125             | 100                 | 800                  | 0,035                   | 0,030                   | 0,534  |
| 2.  | 125             | 200                 | 800                  | 0,030                   | 0,025                   | 0,365  |
| 3.  | 125             | 300                 | 800                  | 0,035                   | 0,030                   | 0,343  |
| 4.  | 125             | 400                 | 800                  | 0,035                   | 0,027                   | 0,302  |



**Gambar 5.** Grafik Proses Pengujian Berat Sebelum dan Sesudah Material Aluminium A5052



**Gambar 6.** Grafik Proses Pengujian *Roughness* Material Aluminium A5052

Berdasarkan tabel 4.2. Grafik 4.11 dan 4.12 refrensi *datasheet* diatas, setelah dilakukan pengukuran menggunakan neraca digital pengurangan berat paling banyak terjadi pada spesimen pengujian ketiga dimana berat benda uji berkurang sebanyak 0,08kg sedangkan pada *roughness* tester permukaan benda uji yang mendekati rata terdapat di spesimen keempat dengan 302  $\mu\text{m}$  dan pada spesimen pertama yang belum mendekati rata dengan 534  $\mu\text{m}$  , Berikut adalah gambar permukaan material aluminium A5052 setelah dilakukan pengujian *grinding* :



**Roughness Material Aluminium A5052**

**Gambar 7.** Permukaan Benda Uji Aluminium A5052 Spesimen Pertama, Kedua, Ketiga, Keempat

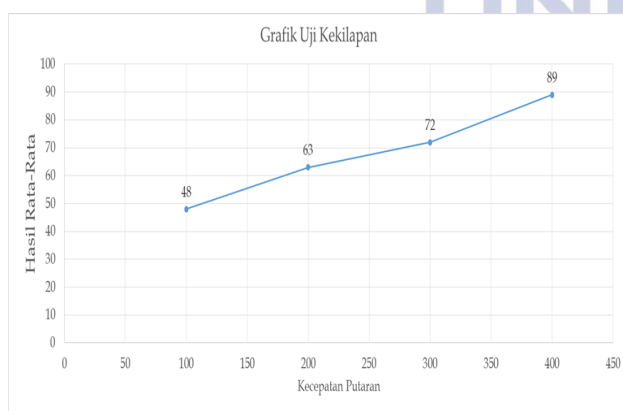
- **Pengujian Kekilapan Permukaan Dengan Senter Laser dan Light Meter**

- Pengambilan Data Pengujian Baja Karbon Rendah St 41

Proses *polishing* dilakukan secara bertahap sesuai spesimen yang sudah ditentukan didalam tabel. Sebelum dilakukan proses *polishing* kain bludru terlebih dahulu diberikan autosol untuk memudahkan proses *polishing*. Setelah proses *polishing* selesai dilakukan pengecekan permukaan benda uji menggunakan senter laser dan Light meter. Setelah dilakukan proses *polishing* pada permukaan baja karbon rendah st 41 dilakukan pengecekan menggunakan senter laser dan light meter

**Tabel 3.** Hasil Pengujian Proses *Polishing* dan Pantul Material Baja Karbon Rendah St41

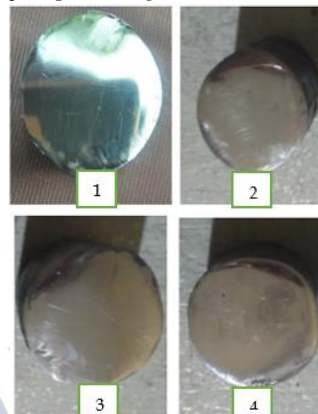
| No | Waktu (Seconds) | Putaran Motor (Rpm) | Hasil Pengujian Light Meter (Lux) | Rata-Rata |
|----|-----------------|---------------------|-----------------------------------|-----------|
| 1  | 125             | 100                 | 40                                | 48        |
|    |                 |                     | 58                                |           |
|    |                 |                     | 46                                |           |
| 2  | 125             | 200                 | 57                                | 63        |
|    |                 |                     | 63                                |           |
|    |                 |                     | 69                                |           |
| 3  | 125             | 300                 | 65                                | 72        |
|    |                 |                     | 73                                |           |
|    |                 |                     | 78                                |           |
| 4  | 125             | 400                 | 90                                | 89        |
|    |                 |                     | 83                                |           |
|    |                 |                     | 94                                |           |



**Gambar 8.** Grafik Proses Pengujian Pantul Material Baja Karbon Rendah St 41

Berdasarkan tabel 4.3 dan grafik 4.17 referensi *datasheet* diatas, setelah dilakukan pengujian pantul dengan sinar laser terhadap permukaan benda uji baja

karbon rendah st41. Rata-rata kekilapan permukaan paling baik terdapat pada spesimen keempat dengan 89 Lux. Sedangkan yang kurang baik terletak pada spesimen pertama dengan 48 Lux. Berikut adalah gambar permukaan material baja karbon rendah st 41 setelah dilakukan pengujian *polishing* :



**Gambar 9.** Permukaan Benda Uji *Polishing* Baja St 41 Spesimen Pertama, Kedua, Ketiga, Keempat

- Pengambilan Data Pengujian Aluminium A5052

Proses *polishing* dilakukan secara bertahap sesuai spesimen yang sudah ditentukan didalam tabel. Sebelum dilakukan proses *polishing* kain bludru terlebih dahulu diberikan autosol untuk memudahkan proses *polishing*. Setelah proses *polishing* selesai dilakukan pengecekan permukaan benda uji menggunakan senter laser dan Light meter.

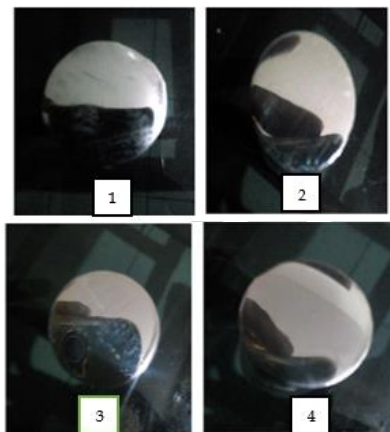
Setelah dilakukan proses *polishing* pada permukaan aluminium 5052 kemudian dilakukan pengecekan menggunakan senter laser dan light meter.

**Tabel 4.** Hasil Pengujian Proses *Polishing* dan Pantul Material Aluminium A5052

| No | Waktu (Seconds) | Putaran Motor (Rpm) | Hasil Pengujian Light Meter (Lux) | Rata-Rata |
|----|-----------------|---------------------|-----------------------------------|-----------|
| 1  | 125             | 100                 | 112                               | 116       |
|    |                 |                     | 105                               |           |
|    |                 |                     | 132                               |           |
| 2  | 125             | 200                 | 164                               | 154       |
|    |                 |                     | 148                               |           |
|    |                 |                     | 152                               |           |
| 3  | 125             | 300                 | 157                               | 165       |
|    |                 |                     | 162                               |           |
|    |                 |                     | 178                               |           |
| 4  | 125             | 400                 | 182                               | 187       |
|    |                 |                     | 185                               |           |
|    |                 |                     | 195                               |           |



**Gambar 10.** Grafik Proses Pengujian Pantul Material Aluminium A5052



**Gambar 11.** Permukaan Benda Uji Aluminium A5052 Spesimen Pertama, Kedua, Ketiga, keempat  
**Tabel 5.** Matrix Hasil Pengujian

| No. | Pengujian Kekasaran Baja St41 (µm) | Pengujian Kekasaran Aluminium A5052 (µm) | Pengujian Kekilapan Baja St41 (Lux) | Pengujian Kekilapan Aluminium A5052 (Lux) |
|-----|------------------------------------|--|-------------------------------------|---|
| 1.  | 1,135                              | 0,534                                    | 48                                  | 116                                       |
| 2.  | 0,908                              | 0,365                                    | 63                                  | 154                                       |
| 3.  | 0,903                              | 0,343                                    | 72                                  | 165                                       |
| 4.  | 0,878                              | 0,302                                    | 89                                  | 187                                       |

Dari Matrix pengujian diatas dapat disimpulkan pada putaran rendah masi didapatkan pengikisan yang kurang sempurna pada permukaan benda uji hal ini disebabkan pada saat pengujian menggunakan putaran rendah dan sedang. Berbeda dengan penggunaan putaran menengah keatas hasil pada permukaan benda uji memiliki kerataan dan kekilapan yang baik karna menggunakan putaran motor yang lebih tinggi sehingga proses pengikisan permukaan benda uji terjadi secara baik dan maksimal.

## Pembahasan

Dari data pengujian mesin *grinding* dan *polish* bertujuan untuk mengetahui kualitas kekasaran permukaan benda uji jika diberi variasi kecepatan putaran. Pada material baja karbon rendah St41 hasil terendah pengurangan berat terdapat pada spesimen kedua dan ketiga dengan pengurangan sebanyak 0.10Kg sedangkan paling banyak terdapat pada spesimen pertama dengan pengurangan berat sebanyak 0,15kg. Kemudian pada pengujian *roughness* tester hasil terendah terdapat pada spesimen pertama dengan dengan 1,135 µm dan tertinggi terdapat pada specimen keempat dengan 0,878 µm.

Pada material aluminium A5052 hasil terendah pengurangan berat terdapat pada spesimen pertama dengan pengurangan berat sebanyak 0,5kg sedangkan pengurangan berat paling tinggi terjadi pada spesimen keempat dengan pengurangan berat sebanyak 0,8Kg. Kemudian pada pengujian *Roughness* tester hasil tertinggi terdapat pada spesimen nomer empat dengan 0,302 µm dan terendah pada spesimen pertama dengan 0,534 µm.

Jadi pada pegujian *grinding* dengan dua material berbeda didapat perbedaan kerataan permukaan pada baja karbon rendah St41 permukaan benda uji memiliki kerataan yang kurang baik dari pada permukaan material aluminium A5052 hal ini disebabkan baja karbon rendah St41 memiliki kekerasan permukaan yang lebih ulet dari pada aluminium.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa pengaruh kecepatan putar mesin terhadap kualitas benda uji secara keseluruhan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- Mesin *grinding* dan *polish* diberikan penambahan satu motor dan dimmer untuk dapat membuat variasi kecepatan putaran motor agar dapat memaksimalkan proses pengujian. Karena pada mesin sebelum nya masih belum ada pengatur kecepatannya dan masi menggunakan satu motor.
- Hasil pengujian *Roughness* dan pantul dengan putaran 100rpm, 200rpm, 300rpm, dan 400rpm selama 125 detik. Dengan kekasaran kertas amplas 800 maka didapat permukaan benda uji semakin tinggi putaran mesin maka permukaan benda uji akan semakin rata dan mengkilap.



## Saran

Setelah melakukan pengujian pengaruh kecepatan putaran terhadap dua material yang berbeda maka dapat diberikan saran sebagai berikut:

- Untuk mendapatkan putaran bawah yang lebih optimal, disarankan perancang mesin selanjutnya menggunakan dimmer motor AC yang memiliki limit atau inverter yang memiliki digital rpm agar penguji dapat mengetahui kecepatan putaran motor secara pasti dan motor tidak cepat panas saat digunakan untuk proses pengujian.
- Analisis pengaruh kecepatan putaran mesin *grinding* dan *polish* ini juga dapat digunakan sebagai media pembelajaran untuk Mahasiswa dan pratikum pengujian bahan di jurusan Teknik Mesin UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA.

## DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, Zainun. 1999. Elemen mesin. Bandung: Refika Aditama
- Albert Gunadhi. 2002. Perancangan dan Implementasi Alat Ukur Cahaya Sederhana. Surabaya: Universitas Widya Mandala
- Arindya, Radita. 2013. Penggunaan dan Pengaturan Motor Listrik. Yogyakarta: Graha ilmu.
- Daryanto & Amanto, Hari. 2003. Ilmu bahan. Jakarta: Bumi Aksara
- George F.Vander Voort. 1999. *Metallography Principles and Practice*. New york: ASM International
- Hadi Mursidi & Tatang Rahmad. 2013. Teknik Pemesinan Gerinda 1. Cimahi: Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan
- Halle Abrams & G. N.Maniar. 1973. *Metallography Structure and Properties of Materials*. Philadephia. ASM International
- Ishaq, Mohamad. 2007. *Fisika dasar*. Yogyakarta: Graha ilmu
- Navada J.M. 2012. Analisa Sifat Kekerasan Baja. Ambon. Politeknik Negeri Ambon
- Muchamad Pamungkas, Hafiddudin, Yuyun Siti Rohman. 2015. Perancangan dan Realisasi Alat Pengukur Intesitas Cahaya. Malang. Universitas Telkom
- Rifki Ifan Diyanto & Sulardjaka. 2011. Kekasaran dan Struktur Mikro Komposit Aluminium yang diperkuat Serbuk Besi Yang Mengalami Perlakuan Panas Semarang. Universitas Diponegoro
- Satwiko. 2004. *Pencahayaan*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta
- Smallman, R.E. & I. Bishop, R.J. 1999. *Metalurgi fisik modern & rekayasa material*. Jakarta:Erlangga.
- Sutrisno. 1984. *Fisika dasar gelombang dan optik*. Bandung: Institut Teknologi Bandung